

VERFAHREN ZUR MEHRSCICHTIGEN MATERIALABTRAGUNG EINER DREIDIMENSIONALEN OBER-
FLÄCHE DURCH VERWENDUNG EINES DIE OBERFLÄCHENSTRUKTUR BESCHRIEBENEN RASTERBILDES

Der schichtweise Abtrag einer Materialschicht einer dreidimensionalen Oberfläche, wie beispielsweise einer Form zur Herstellung einer beliebigen Oberflächenstruktur erfolgte
5 bisher mittels Ätzverfahren oder galvanischen Verfahren, bei welchen eine Positivform mit der gewünschten Oberflächengestaltung mit einem Metall überzogen worden ist, welches dann eine Negativform zur Herstellung des gewünschten Formteils oder der Folie ergibt. Diese Verfahrensvarianten erfordern immer eine große Anzahl von Verfahrensschritten, um eine Negativform für nur eine einzige Oberflächenstruktur zu
10 erhalten. Dies hat zur Folge, dass bei jeder Änderung der Oberflächenstruktur dieselben Verfahrensschritte erneut anfallen.

Bislang sind vor allem zwei Verfahren verbreitet, um Werkzeuge zur Herstellung einer beliebig geformten, dreidimensionalen Oberfläche wirtschaftlich herzustellen, zum einen ist das die Ätznarbe, bei der die Oberfläche des Werkstücks unterschiedlich
15 maskiert wird und dann durch eine Ätzflüssigkeit selektiv abgetragen wird. Dieses Verfahren kann mit Einschränkungen auch schichtweise angewendet werden und erzeugt dann allerdings einen abgestuften Übergang zwischen Narbgipfeln und Narbtälern. Außerdem gibt es Schwierigkeiten bei komplizierten Geometrien der zu nabenden Fläche.

Ein anderes Verfahren ist das Galvano-Verfahren. Hierbei wird ein Positivmodell, das Belederungsmodell, mit einer Folie (oder Leder) bezogen, welche die gewünschte Narbe aufweist. In einem Abformverfahren wird dann die Narbe in ein Negativwerkzeug
20 übernommen, das wiederum zur Herstellung eines (Positiv-) Badmodells verwendet wird. Auf dieses wird dann in einem Bad galvanisch eine Metallschicht aufgebracht. Das so erhaltene Galvanowerkzeug muss dann noch verstärkt werden, kann dann aber
25 auch nur für bestimmte Verfahren zur Teileherstellung zur Anwendung kommen, die seine Oberfläche nicht zu stark beanspruchen. Verbreitet sind vor allem das Slush-Verfahren und das Sprühhaut-Verfahren. Zudem ist jedes dieser letztgenannten Verfahren sehr zeit- und kostenaufwendig.

30 Aufgrund des großen Aufwandes, welcher mit den aus dem Stand der Technik bekannten und in industriellem Maßstab zum Einsatz kommenden Verfahren verbunden ist, gibt es Ansätze, die Oberflächenstruktur mit einem Abtragmittel herzustellen. Ein vielseitig verwendbares Abtragmittel stellt ein Laser dar. Die
35 Technologie der Abtragung von Material mittels Laser ist aus DE3939866 A1 aus dem Bereich der Lasergravur bekannt.

Die Materialabtragung durch Verdampfen einer Oberflächenschicht mittels Laser ist aus DE4209933 C2 bekannt. Der Laserstrahl wird aufgeweitet und durch drehbare Ablenkspiegel über eine von einem Rechner vorgegebene Bezugslinie geführt. Die Bezugslinien bilden ein Rasterfeld. Das Rasterfeld wird mehrmals vom Laserstrahl entlang in einem Winkel zueinander versetzter Bezugslinien abgefahren, wobei Material durch Verdampfung abgetragen wird. Durch die Variation der Richtung der Laserspuren durch Drehung in der Bearbeitungsebene um einen bestimmten Winkel werden systematische Überhöhungen in der Grenzschicht vermieden. Dadurch entsteht eine netzartige Struktur der Rasterlinien. Diese Technologie findet ausschließlich auf zweidimensionale Oberflächen, also ebene Bauteile, Anwendung. Gemäß der in der Patentschrift offenbarten Technologie wird ein gleichmäßiger Abtrag von Material im Rasterfeld angestrebt.

Eine zeilenweise Führung des Lasers in Bahnen (Rasterlinien), bzw. Spuren, im jeweiligen Bearbeitungsfeld des Lasers wird in DE10032981 A1 offenbart. Die Spuren werden bereichsweise auf ein sich bewegendes Werkstück aufgebracht. Um zu vermeiden, dass sich im Überlappungsbereich der Spuren an den Bereichsgrenzen eine scharfe Trennlinie ausbildet, die durch übermäßigen Materialabtrag im Überlappungsbereich entsteht, werden die Bereichsgrenzen bei jedem Abtrag versetzt. Mit anderen Worten, bei zeilenförmigem Abtrag eines Bereichs setzt der Laser am Rand nicht längs einer Linie ab, sondern fährt in die Nähe dieser Linie. Der Endpunkt der Abtragung liegt dann zwar in einem Abstandsbereich dieser Linie, dieser Abstandsbereich ist aber von Zeile zu Zeile verschieden. Da die Endpunkte sich somit statistisch um den Mittelwert der Linie verteilen, kann kein optischer Defekt wahrgenommen werden. Dieses Verfahren eignet sich zum Abtrag von Rasterfeldern, welche auf einer Ebene liegen. Sobald die Rasterfelder aber eine Neigung gegeneinander aufweisen, wird durch das Abtragsmittel eine andere Materialmenge abgetragen, wenn sich das Abtragsmittel aus dem Rasterfeld entfernt. Somit müsste jeder einzelne Endpunkt aufgezeichnet werden, der Materialabtrag bestimmt, und der für das benachbarte Rasterfeld vorgesehene Materialabtrag um den Fehlbetrag korrigiert werden. Aus diesem Grund ist das Verfahren für dreidimensionale Oberflächen nur unter hohem zusätzlichem Rechenaufwand anwendbar.

Die schichtweise Materialabtragung zur Erzeugung dreidimensionaler Strukturen in ebenen Oberflächen wird in den beiden Patentschriften US6300595 B1 und US6407361 B1 offenbart. Dabei erfolgt die Materialabtragung aller Bearbeitungsfelder bei jedem Bearbeitungsvorgang einer Schicht in einer Form, die eine rotationssymmetrische Ausnehmung in einer ebenen Oberfläche darstellt.

Nach der Lehre der DE10116672 A1 werden Grob- und Feinstrukturen unterschiedlich bearbeitet, wobei Feinbereiche mittels Laser und Grobbereiche mittels einer Aushebvorrichtung bearbeitet werden. Diese Technologie eignet sich insbesondere für Bearbeitung von Metalloberflächen, welche beispielsweise auf Druckzylindern
5 angeordnet sind. Die Grobbearbeitung erfolgt mittels mechanischer Abtragvorrichtungen.

Der Stand der Technik beschränkt sich auf die Bearbeitung ebener oder zylindrischer Oberflächen. Bislang gibt es kein Verfahren, welches eine Oberflächenstruktur in eine beliebig geformte dreidimensionale Oberfläche einbringt.

10

Es ist Aufgabe der Erfindung eine Oberflächenstruktur, wie beispielsweise eine Narbe, auf beliebige dreidimensionale Oberflächen aufzubringen. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde das erfindungsgemäße Verfahren entwickelt, das die Möglichkeit bietet, beliebig geformte Werkzeuge und Modelle mit einer dreidimensionalen Oberflächenstruktur zu
15 versehen. Eine derartige Oberflächenstruktur ist beispielsweise die Narbe des Leders, die dadurch gekennzeichnet ist, dass Narbgipfel unterschiedliche Höhen und Ausdehnungen aufweisen und der Übergang zwischen Narbgipfeln und Narbtälern gleichmäßig verläuft.

20

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, Trenn- oder Grenzlinien beim Materialabtrag zu vermeiden. Dazu müssen die aus dem Stand der Technik bekannten Methoden dahingehend modifiziert werden, dass das Abtragmittel anstatt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem oder einem Zylinderkoordinatensystem in einem beliebigen dreidimensionalen Koordinatensystem arbeitet.

25

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Verwendbarkeit des Verfahrens für verschiedene Arten von Materialien oder Materialkombinationen. Im Vergleich einem der bekannten Verfahren soll es zudem mit geringerem Zeitaufwand verbunden sein und ohne Einschränkungen in Bezug auf die abzubildende Oberflächenstruktur durchführbar sein.

30

Diese Aufgaben der Erfindung werden durch nachfolgend beschriebenes Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche mittels eines punktförmig auf eine Oberfläche wirkenden Abtragmittels, wie eines Lasers, verwirklicht.

35

Das Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche mittels eines punktförmig auf eine Oberfläche wirkenden Abtragmittels, wie eines mittels Laser arbeitenden Abtragmittels, bei welchem eine Oberflächenstruktur auf der dreidimensionalen Oberfläche erzeugt wird,

ist dadurch gekennzeichnet, dass der Oberfläche mindestens ein Rasterbild zugeordnet ist. Das Rasterbild stellt eine zweidimensionale Abbildung der dreidimensionalen Oberfläche dar. Das Rasterbild umfasst eine Anzahl Bildpunkte. Jedem Bildpunkt ist eine Graustufe zugeordnet, wobei die Graustufe ein Maß für die

5 Tiefenabmessung der Oberflächenstruktur ist. Für einen Abtrag, welcher keine sichtbaren Stufungen aufweisen soll, ist es vorteilhaft, wenn zwei benachbarte Graustufen einer Höhendifferenz von maximal 10 μm entsprechen. Damit ist jeder Graustufe die abzutragende Materialmenge zugeordnet. Für jeden Bildpunkt gleicher Graustufe wird dieselbe Materialmenge abgetragen. Sind mehrere Graustufen

10 vorhanden, wird die Materialmenge in Schichten abgetragen. Jede Graustufe entspricht einer Schicht, die beispielsweise durch den Einsatz eines Lasers abgetragen wird.

Jede Schicht wird in eine Schnittfläche der dreidimensionalen Oberfläche transformiert, wobei die Schnittfläche durch eine mathematische Funktion beschrieben

15 wird. Diese mathematische Funktion ist Grundlage für die Steuerung eines Abtragungsmittels in einem dreidimensionalen Koordinatensystem. Als Schnittfläche wird dabei eine gekrümmte Fläche bezeichnet, welche parallel zu der mit einer Oberflächenstruktur zu versiehenden Oberfläche verläuft. Da sie die Textur oder Oberflächenstruktur schneidet, wird eine derartige Oberfläche in der Folge als

20 Schnittfläche bezeichnet. Im einfachsten Fall, nämlich einer ebenen Oberfläche, handelt es sich um eine Schnittebene. Diese Schnittfläche wird mit einem Netz aus Polygonen überzogen. Das Abtragungsmittel, also beispielsweise der Laser, nimmt innerhalb eines Polygons einen Materialabtrag vor, wenn das Polygon einer Graustufe zugeordnet ist. Jedes Polygon der Schnittfläche wird mit Bearbeitungsflächen

25 überzogen, wobei die Bearbeitungsfläche im Bearbeitungsbereich des Abtragungsmittels vollständig enthalten ist. Wenn das Abtragungsmittel ein Laser ist, entspricht ein Bearbeitungsbereich dem Fokusbereich des Lasergeräts und umfasst mindestens ein Polygon der Schnittfläche. Innerhalb der Bearbeitungsfläche erfolgt entlang der Graustufen ein zeilenförmiger Materialabtrag. Die Polygone benachbarter

30 Schnittflächen sind in vorteilhaften Ausgestaltungen zueinander versetzt oder gegeneinander gedreht angeordnet. In einer weiteren Ausgestaltung ist es möglich, die Polygone benachbarter Schnittflächen zufällig zueinander anzuordnen, wobei in jedem Fall gewährleistet sein sollte, dass die Polygone von zwei benachbarten Schnittflächen keine gemeinsamen Kanten aufweisen.

Fig. 1a ist eine Darstellung einer dreidimensionalen Oberfläche mit einer Oberflächenstruktur

Fig. 1b ist eine schematische Darstellung eines ersten Schrittes des Verfahrens

Fig. 1c ist eine schematische Darstellung eines zweiten Schrittes des Verfahrens

5 Fig. 1d ist eine schematische Darstellung eines dritten Schrittes des Verfahrens

Das Verfahren für den schichtweisen selektiven Formabtrag an einem Werkstück dient der Einbringung einer Struktur, beispielsweise in der Form einer Narbe, in das Werkstück, welches in Fig. 1a als dreidimensionale Oberfläche 1 dargestellt ist, die
10 dadurch gekennzeichnet ist, dass die Übergänge zwischen Narbgipfeln und Narbtälern möglichst gleichmäßig verlaufen. Beliebige Oberflächenstrukturen oder Narben müssen derart dargestellt werden, dass sie mit einem bekannten Verfahren zur Abtragung von Material, insbesondere einem Laserverfahren, hergestellt werden können. Hierbei muss man zwischen der Beschreibung der Topologie, d.h. der
15 Geometrie des Werkstücks und der Oberflächenstruktur, beispielsweise der Narbe, unterscheiden, das heißt, der gewünschten Feinstrukturierung der Oberfläche, welche mit dem Werkstück durch einen formgebendes Verfahren erzeugt wird.

Um das Verfahren zur ein- oder mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten dreidimensionalen Oberfläche 1 mittels eines punktförmig auf diese
20 Oberfläche wirkenden Abtragsmittels durchzuführen, wird eine Oberflächenstruktur 2, welche sich auf der dreidimensionalen Oberfläche 1 befindet, auf eine zweidimensionale Fläche projiziert. Dieser zweidimensionalen Fläche ist mindestens ein Rasterbild 3 zugeordnet. Das Rasterbild 3 stellt eine zweidimensionale Abbildung der dreidimensionalen Oberflächenstruktur 2 dar und ist in Fig. 1b beispielhaft
25 dargestellt. Die beiden Oberflächenstrukturen 2 in Fig. 1a werden somit durch zwei nebeneinander liegende Rasterbilder 3 beschrieben. Wenn man einen Schnitt durch die dreidimensionale Oberflächenstruktur parallel zur Oberfläche 1 legt, wird eine Schnittfläche 10 erzeugt, welche auf eine zweidimensionale Fläche projiziert wird. Diesem Schnitt wird eine Graustufe 5 zugeordnet. Die Umriss der Graustufen 5 auf
30 den Rasterbildern 3 entsprechen dabei Höhenlinien in der Oberflächenstruktur 2. Mit diesem Verfahren ist es möglich, jede beliebige Oberflächenstruktur 2 photographisch abzubilden. Durch Mittel zur Grafikbearbeitung kann somit jeder Schicht 8 eine Graustufe 5 zugeordnet werden. Umgekehrt können die Graustufen 5, welche sich aus der photographischen Abbildung ergeben, eindeutig einer Schicht 8 zugeordnet
35 werden. Für ein Mittel zur Grafikbearbeitung umfassen das Rasterbild 3 sowie die zweidimensionale Fläche eine Anzahl Bildpunkte 4. Jedem Bildpunkt 4 ist eine

Graustufe 5 zugeordnet, wobei die Graustufe 5 ein Maß für die Tiefenabmessung 6 der Oberflächenstruktur ist.

Für einen Abtrag, welcher keine sichtbaren Stufungen aufweisen soll, ist es vorteilhaft, wenn zwei benachbarte Graustufen 5 auf zwei Schichten 8, welche im Raum zwei

5 Schnittflächen 10 bilden, einer Höhendifferenz von maximal 10 µm entsprechen. Damit ist jeder Graustufe 5 die abzutragende Materialmenge zugeordnet.

Die Graduierung der Graustufen ist im Prinzip beliebig, es können maximal 256 Graustufen realisiert werden. Wenn man die Genauigkeit der Bearbeitung über der Tiefenabmessung variieren will, ist es daher möglich, den Abstand der Graustufen, und
10 somit auch den Abstand der Schichten 8 voneinander, einzustellen. Für jeden Bildpunkt 4 gleicher Graustufe 5 wird dieselbe Materialmenge abgetragen. Sind mehrere Graustufen 5 vorhanden, wird die Materialmenge in mehreren Arbeitsschritten abgetragen. Jede Graustufe entspricht einer Schicht, die durch ein Abtragsmittel, wie beispielsweise durch einen Laser 12, abgetragen wird. Je breiter die Schicht 8, desto
15 größer ist das abzutragende Volumen. Die Schichtbreite ist bei Verwendung eines Lasers 12 nur durch die Breite des Fokusquaders beschränkt, welcher in der Folge beschrieben werden soll. Um eine derartige Schicht 8 zu bearbeiten, wird die zu der Schicht gehörende Schnittfläche 10 mit einer Vielzahl von aneinander angrenzenden Polygonen 9 überzogen. Der Laser nimmt innerhalb eines Polygons 9 einen
20 Materialabtrag vor, wenn das Polygon 9 einer Graustufe 5 zugeordnet ist.

Die Polygone 9 auf der Schnittfläche 10 können durch eine mathematische Funktion beschrieben werden. Diese mathematische Funktion ist Grundlage für die Steuerung des Abtragsmittels in einem dreidimensionalen Koordinatensystem.

Jede Schnittfläche 10 wird anschließend mit Bearbeitungsflächen 11 überzogen. Eine
25 derartige Bearbeitungsfläche ist in Fig. 1d dargestellt. Die Bearbeitungsfläche 11 umfasst den Bearbeitungsbereich des Abtragungsmittels, wobei das Abtragsmittel vorzugsweise ein Lasergerät ist. Im Prinzip ist es aber möglich, auch Kombinationen verschiedener Abtragsmittel einzusetzen. Um diese Polygone 9 mit dem Laser bearbeiten zu können, müssen sie in Bearbeitungsflächen 11 aufgeteilt werden. Eine
30 derartige Bearbeitungsfläche wird Fig. 1d dargestellt. Da die Schnittfläche 10 als mathematische Funktion zumindest näherungsweise durch die Polygone 9 beschrieben werden kann, ist es möglich, diese Bearbeitungsflächen 11 aus der Funktion zu errechnen, wenn die optischen Eigenschaften des Lasergeräts bekannt sind. Die Größe der Bearbeitungsfläche 11 wird idealerweise so gewählt, dass sie bei
35 entsprechender Stellung des Scanners lediglich durch Einflussnahme auf die Galvanospiegel abgescannt werden kann. Dabei ist eine Scannerstellung möglichst

- näherungsweise senkrecht auf die Bearbeitungsfläche 11 vorteilhaft. Des weiteren sollte die Änderung der Entfernung zwischen Scanner und Bearbeitungsfläche 11 gering gehalten werden. Ziel muss bei der Wahl der Größe des Bearbeitungsfläche 11 in jedem Fall sein, dass weder durch die Winkelstellung des Lasers, noch durch die
- 5 Veränderung des Abstandes zwischen der Bearbeitungsfläche und dem Scanner eine unerwünschte Änderung der Stärke des Materialabtrages erfolgt.
- Bei jeder Bearbeitungsfläche 11 ist zu beachten, dass sie als ganzes im Fokus des Lasers zu liegen kommt. Die Bearbeitungsfläche 11 ist ein Teil des Bearbeitungsbereichs. Den möglichen Bearbeitungsbereich bei einer bestimmten
10. Position des Scanners kann man bei Einsatz einer Planfeldlinse durch den Fokus-Quader beschreiben. Seine Höhe, bei vorgegebenem maximalen Fehler der abgetragenen Schichtdicke, ist gegeben durch die maximale Fokustiefe (= Abweichung von der Brennweite) und seine Seitenlänge durch die entsprechende maximale Auslenkung der Galvanospiegel im Scanner. Der Abstand zwischen Scanner und der
- 15 Mittelebene des Quaders ist durch die Brennweite der Laseroptik gegeben. Innerhalb des Fokus-Quaders kann die Bearbeitungsfläche 11 durch mindestens ein Polygon 9 angenähert werden, dessen Ecken alle auf einer Schnittfläche 10 liegen, die exakt den Abstand der Brennweite zu der Laseroptik hat und senkrecht zur Richtung des Laserstrahles in der Mittelstellung der Ablenkspiegel steht. Die Bearbeitungsfläche 11
- 20 entspricht somit dem Fokusbereich des Lasergeräts und umfasst mindestens ein Polygon 9. Innerhalb der Bearbeitungsfläche 11 erfolgt entlang der Graustufen 5 ein zeilenförmiger Materialabtrag, so das Polygon Graustufen 5 enthält. In Polygonen ohne Graustufen 5 erfolgt kein Materialabtrag.
- 25 Zur Vermeidung von Trennlinien, die in dem Bereich entstehen, in dem eine Laserspur endet und die nächste beginnt wird die Schichtdicke so stark herabgesetzt, dass die entstehende Grenzlinie eine vernachlässigbar kleine Höhe im Vergleich zu der Gesamthöhe der Oberflächenstruktur, wie beispielsweise einer Ledernarbe, aufweist. Die Addition des Trennlinien-Fehlers an den Polygonkanten wird dadurch vermieden,
- 30 dass jeder abzutragenden Schnittfläche 10 ein eigenes unabhängiges 3-dimensionales Polygonnetz zugeordnet wird. Dieses kann völlig frei gewählt werden, unter Beachtung der oben genannten Vorgaben. Außerdem muss beachtet werden, dass sich Polygonränder benachbarter Schnittflächen 10 zwar überschneiden, aber keinesfalls übereinander liegen dürfen. Ansonsten addiert sich der Trennlinien-Fehler. Das
- 35 bedeutet, bei Betrachtung eines beliebigen Punktes auf der zu bearbeitenden Schnittfläche des Werkstückes und einem Materialabtrag in n Schichten, dass dieser

Punkt zu n verschiedenen Polygonen „gehört“. Die Polygone 9 jeder Schnittfläche 10 sind in vorteilhaften Ausgestaltungen zueinander versetzt oder gegeneinander gedreht angeordnet. In einer weiteren Ausgestaltung ist es möglich, die Polygone 9 jeder Schnittfläche 10 zufällig zueinander anzuordnen, wobei in jedem Fall gewährleistet sein sollte, dass die Polygone 9 von zwei benachbarten Schnittflächen 10 keine gemeinsamen Kanten aufweisen.

Bei der Bearbeitung des Werkstückes muss ein Lasergerät 13 zum Einsatz kommen, bei dem der Scanner, in dem sich die Galvanospiegel befinden, in Bezug auf das Werkstück eine ausreichende Beweglichkeit aufweist, um eine Position anfahren zu können, die sich möglichst senkrecht relativ zu jedem Polygon im Abstand der Brennweite der Laseroptik befindet, d.h. die derjenigen Position entspricht, die bei der Berechnung der Polygone zugrunde gelegt wurde.

Für die Steuerung des Lasergerätes im Sinne einer wirtschaftlichen Bearbeitung ist es vonnöten, die Polygone im Datensatz so zu ordnen, dass sie von der Steuerelektronik in einer Reihenfolge eingelesen werden, die möglichst geringe Verfahrswege des Scanners zur Folge hat.

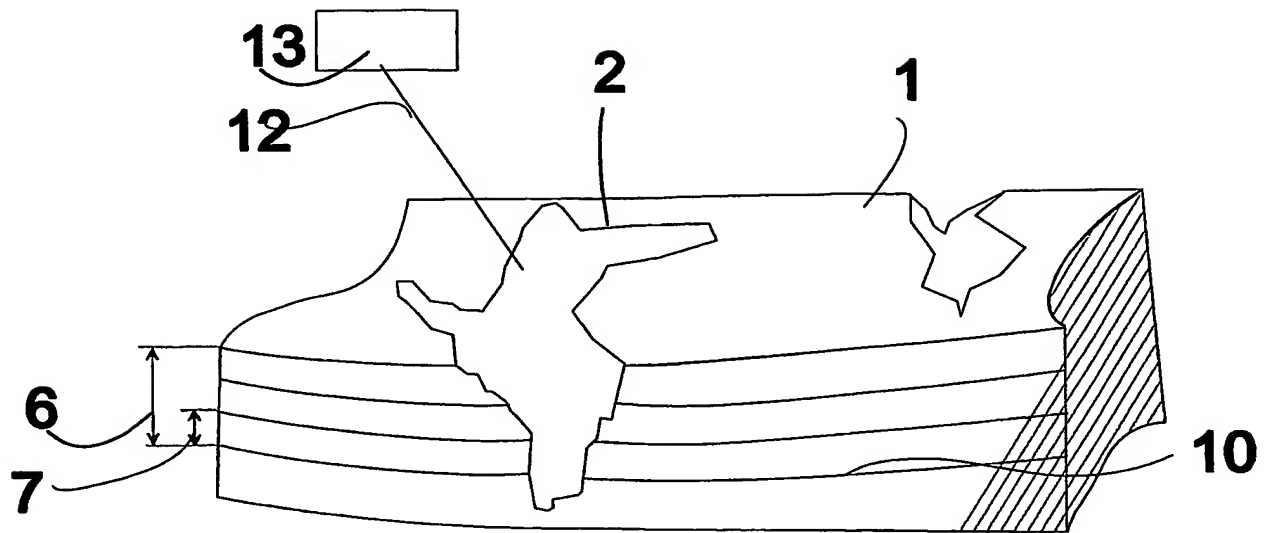
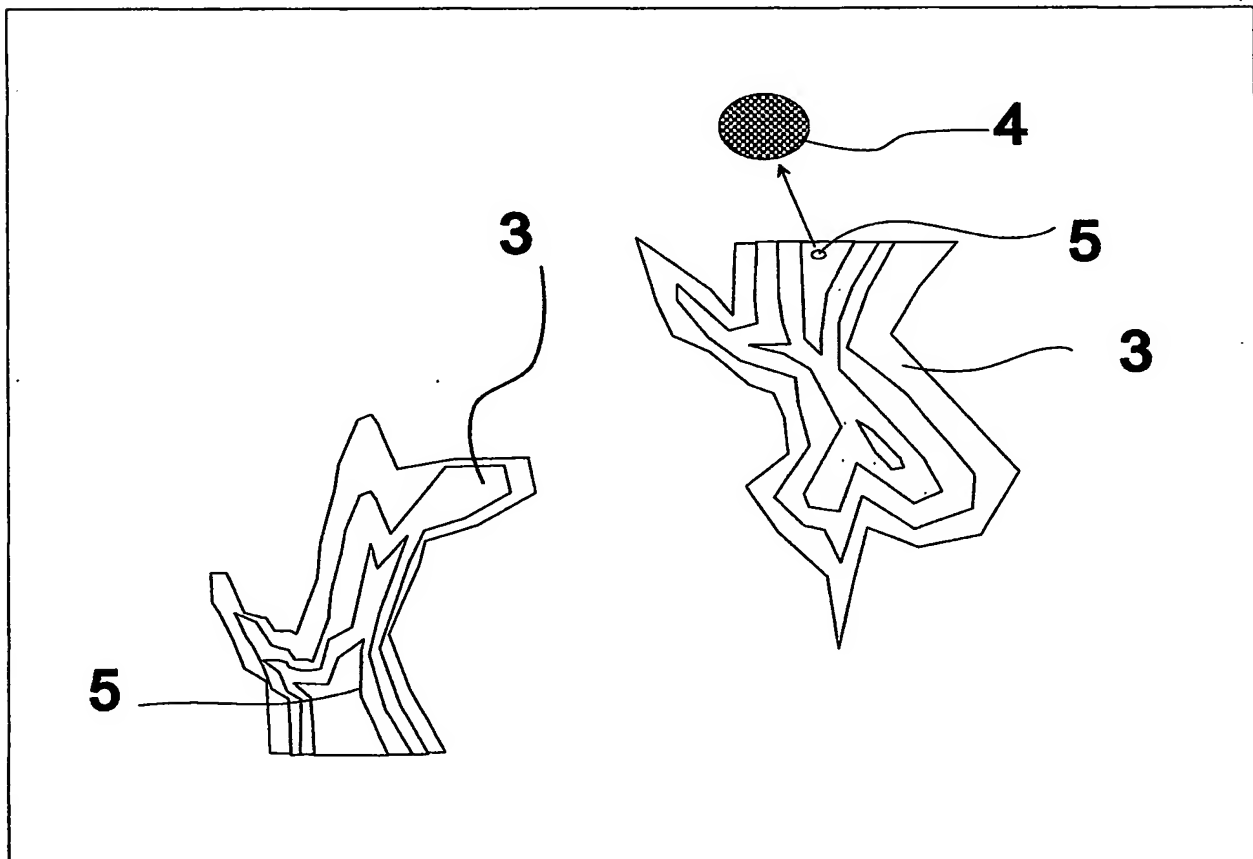
Bezugszeichenliste

1. Oberfläche
- 5 2. Oberflächenstruktur
3. Rasterbild
4. Bildpunkt
5. Graustufe
6. Tiefe
- 10 7. Höhendifferenz
8. Schicht
9. Polygon
10. Schnittfläche
11. Bearbeitungsfläche
- 15 12. Laser
13. Lasergerät

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur mehrschichtigen Materialabtragung einer beliebig geformten, nicht
ebenen dreidimensionalen Oberfläche (1) mittels eines punktförmig auf eine
5 Oberfläche wirkenden Abtragsmittels, wie eines Lasers, mittels welchem eine
Oberflächenstruktur (2) auf der dreidimensionalen Oberfläche (1) erzeugt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass der Oberfläche (1) mindestens ein Rasterbild (3)
zugeordnet ist, durch welches die Oberflächenstruktur (2) beschrieben wird, welche
durch mehrschichtige Materialabtragung erzeugt werden soll.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass das Rasterbild (3) eine
zweidimensionale Abbildung der dreidimensionalen Oberfläche (1) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass das Rasterbild (3)
15 Bildpunkte (4) umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Bildpunkt (4)
eine Graustufe (5) zugeordnet ist.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Graustufe ein Maß
für die Tiefe (6) der Oberflächenstruktur (2) ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Graustufe (5) die
abzutragende Materialmenge zugeordnet ist.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Bildpunkt (4)
gleicher Graustufe (5) dieselbe Materialmenge abgetragen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, dass die Bildpunkte (4)
30 gleicher Graustufe zu derselben Schicht (8) gehören.
9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet dadurch, dass jede Schicht (8) durch
eine Vielzahl von aneinander angrenzenden Polygonen (9) beschrieben wird,
welche die dreidimensionale Oberfläche (1) als mathematische Funktion
35 modellieren.

10. Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet dadurch, dass die mathematische Funktion Grundlage für die Steuerung des Lasers (12) in einem dreidimensionalen Koordinatensystem ist.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet dadurch, dass der Laser (12) innerhalb eines Polygons (9) einen Materialabtrag vornimmt, wenn das Polygon (9) einer Graustufe (5) zugeordnet ist.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet dadurch, dass innerhalb des Polygons (9) mindestens eine Bearbeitungsfläche (11) definiert ist, innerhalb derer ein zeilenförmiger Abtrag erfolgt.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet dadurch, dass die Polygone (9) von je zwei übereinander liegenden Schichten zueinander versetzt, gedreht, in zufallsgenerierter Anordnung oder in unterschiedlicher Größe angeordnet sind, sodass sie keine gemeinsamen Kanten aufweisen.

**Fig. 1a****Fig. 1b**

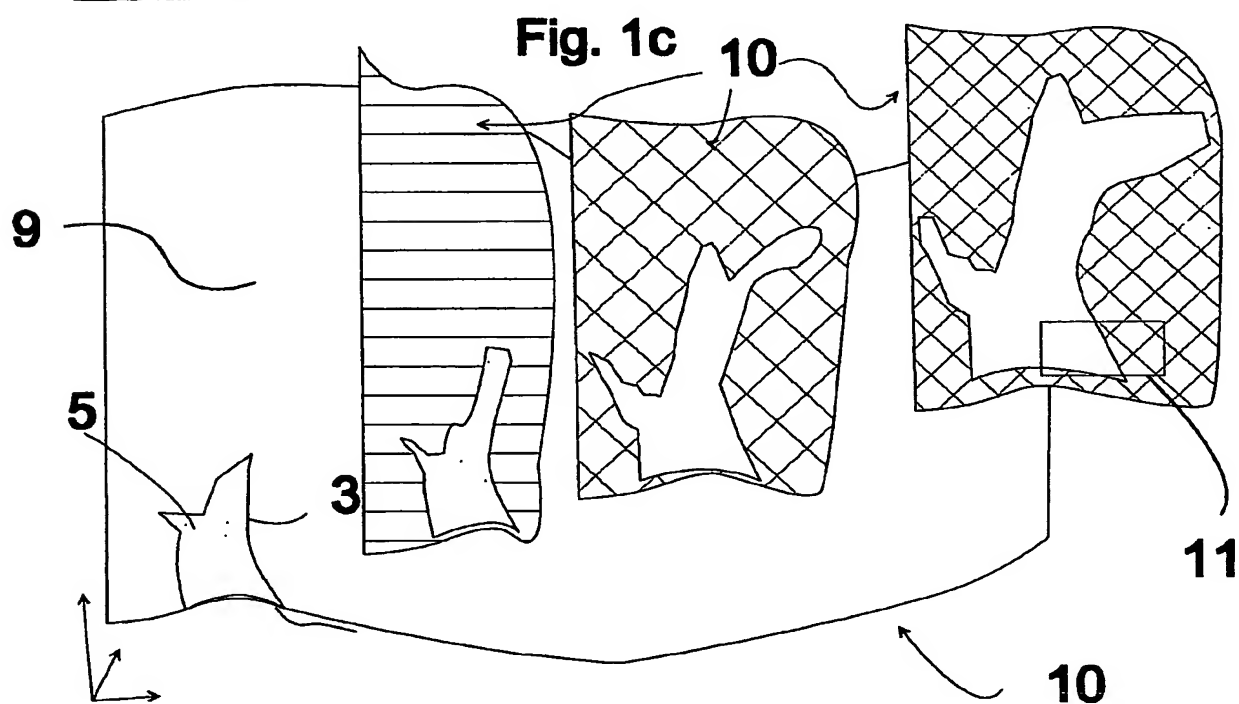
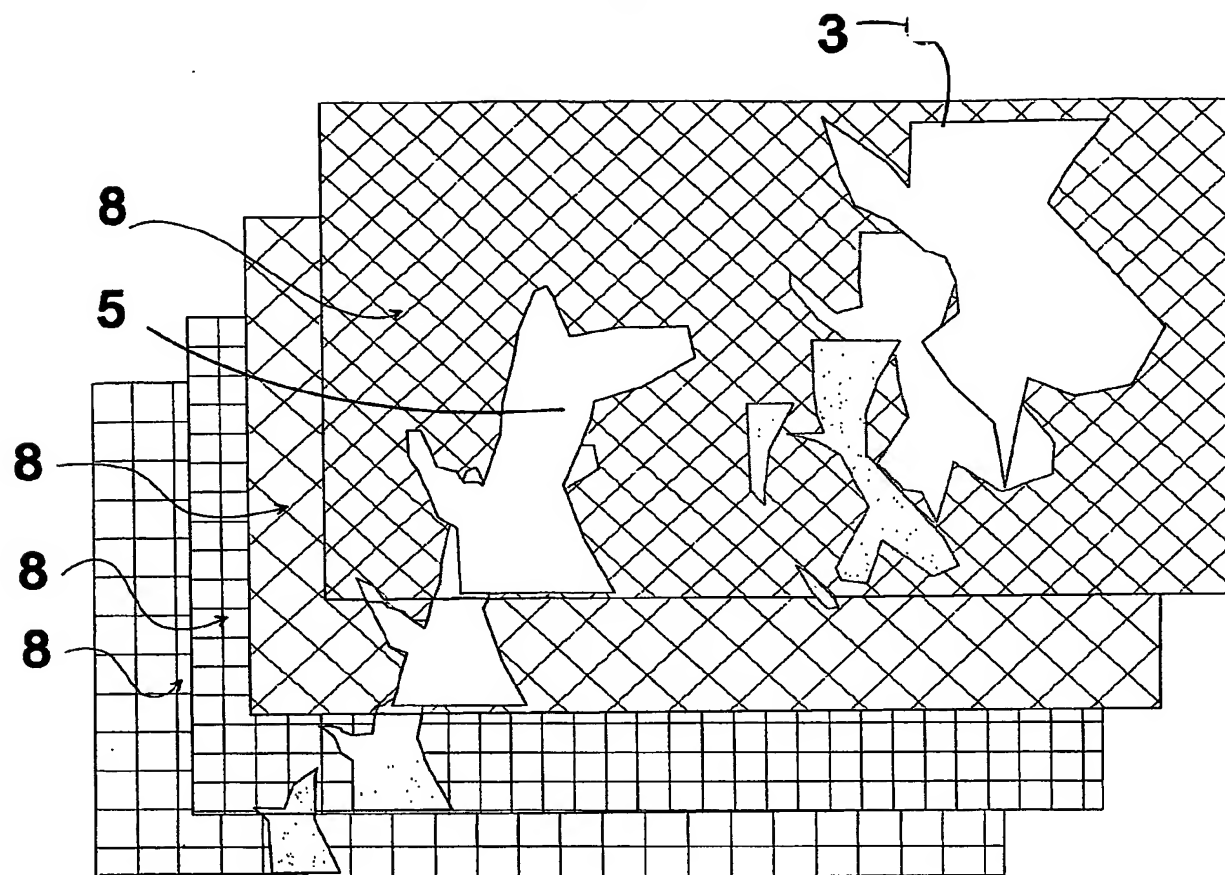


Fig. 1d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/010761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K26/00 B23K26/08 B23K26/36 B41C1/05 B44C1/22
G05B19/4099

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K B41C B44C G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 300 595 B1 (M.S.C. WILLIAMS) 9 October 2001 (2001-10-09) cited in the application the whole document	1-13
Y	EP 1 262 316 A (SCHABLONENTEchnik KUFSTEIN AG) 4 December 2002 (2002-12-04) paragraphs '0046! - '0049!, '0055!, '0056!, '0059!, '0063!; figures 3-7	1-13
Y	US 2002/114537 A1 (D.P. SUTULA JR.) 22 August 2002 (2002-08-22) paragraphs '0019!, '0059! - '0065!; figures 9-15	9-13
A	DE 100 12 520 A1 (HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG) 20 September 2001 (2001-09-20) the whole document	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 January 2005

Date of mailing of the international search report

02/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jeggy, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010761

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6300595	B1	09-10-2001	US 6407361 B1	18-06-2002
			CA 2380076 A1	01-02-2001
			EP 1218139 A1	03-07-2002
			WO 0107199 A1	01-02-2001
			CA 2310298 A1	03-12-2000
			EP 1189724 A1	27-03-2002
			WO 0074891 A1	14-12-2000
EP 1262316	A	04-12-2002	EP 1262316 A1	04-12-2002
			AT 282527 T	15-12-2004
			CN 1387997 A	01-01-2003
			DE 50104542 D1	23-12-2004
			JP 3556205 B2	18-08-2004
			JP 2003039626 A	13-02-2003
			US 2002189471 A1	19-12-2002
US 2002114537	A1	22-08-2002	NONE	
DE 10012520	A1	20-09-2001	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/010761

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B23K26/00 B23K26/08 B23K26/36 B41C1/05 B44C1/22
G05B19/4099

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K B41C B44C G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 300 595 B1 (M.S.C. WILLIAMS) 9. Oktober 2001 (2001-10-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-13
Y	EP 1 262 316 A (SCHABLONENTECHNIK KUFSTEIN AG) 4. Dezember 2002 (2002-12-04) Absätze '0046! - '0049!, '0055!, '0056!, '0059!, '0063!; Abbildungen 3-7	1-13
Y	US 2002/114537 A1 (D.P. SUTULA JR.) 22. August 2002 (2002-08-22) Absätze '0019!, '0059! - '0065!; Abbildungen 9-15	9-13
A	DE 100 12 520 A1 (HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG) 20. September 2001 (2001-09-20) das ganze Dokument	1-13

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

24. Januar 2005

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

02/02/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jeggy, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010761

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6300595	B1	09-10-2001	US 6407361 B1 18-06-2002
			CA 2380076 A1 01-02-2001
			EP 1218139 A1 03-07-2002
			WO 0107199 A1 01-02-2001
			CA 2310298 A1 03-12-2000
			EP 1189724 A1 27-03-2002
			WO 0074891 A1 14-12-2000
EP 1262316	A	04-12-2002	EP 1262316 A1 04-12-2002
			AT 282527 T 15-12-2004
			CN 1387997 A 01-01-2003
			DE 50104542 D1 23-12-2004
			JP 3556205 B2 18-08-2004
			JP 2003039626 A 13-02-2003
			US 2002189471 A1 19-12-2002
US 2002114537	A1	22-08-2002	KEINE
DE 10012520	A1	20-09-2001	KEINE